

534,980  
16 MAY 2005

(12) NACH DEM VERTRAG ÜBER DIE INTERNATIONALE ZUSAMMENARBEIT AUF DEM GEBIET DES  
PATENTWESENS (PCT) VERÖFFENTLICHTE INTERNATIONALE ANMELDUNG

(19) Weltorganisation für geistiges Eigentum  
Internationales Büro



(43) Internationales Veröffentlichungsdatum  
3. Juni 2004 (03.06.2004)

PCT

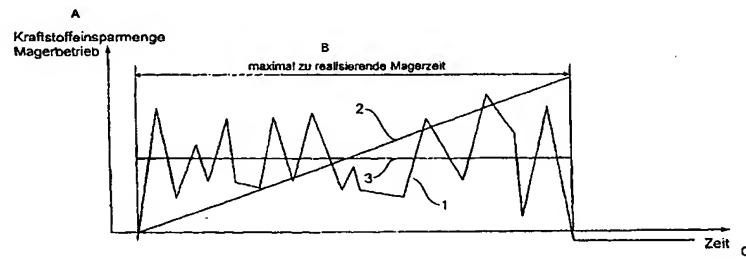
(10) Internationale Veröffentlichungsnummer  
**WO 2004/046529 A1**

- (51) Internationale Patentklassifikation<sup>7</sup>: F02D 41/30, 41/02, F01N 3/08
- (21) Internationales Aktenzeichen: PCT/EP2003/012112
- (22) Internationales Anmeldedatum: 31. Oktober 2003 (31.10.2003)
- (25) Einreichungssprache: Deutsch
- (26) Veröffentlichungssprache: Deutsch
- (30) Angaben zur Priorität: 102 53 614.7 15. November 2002 (15.11.2002) DE
- (72) Erfinder; und
- (75) Erfinder/Anmelder (nur für US): ODENDALL, Bodo [DE/DE]; Am Grünen Bug 200, 86633 Neuburg (DE).
- (74) Gemeinsamer Vertreter: HOLZAPFEL, Dierk; AUDI AG, Abt. LEK-7, 85045 Ingolstadt (DE).
- (81) Bestimmungsstaaten (national): AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM, TR, TT, TZ, UA, UG, US, UZ, VN, YU, ZA, ZW.
- (84) Bestimmungsstaaten (regional): ARIPO-Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM,

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]

(54) Title: METHOD FOR OPERATING AN INTERNAL COMBUSTION ENGINE OF A VEHICLE, IN PARTICULAR A MOTOR VEHICLE

(54) Bezeichnung: VERFAHREN ZUM BETREIBEN EINER BRENNKRAFTMASCHINE EINES FAHRZEUGS, INSbesondere EINES KRAFTFAHRZEUGES



A FUEL-ECONOMY QUANTITY  
LEAN OPERATION  
B MAXIMUM LEAN PERIOD TO BE ACHIEVED  
C TIME

**WO 2004/046529 A1**  
(57) Abstract: The invention relates to a method for operating an internal combustion engine of a vehicle, in particular a motor vehicle. Said method comprises a first operating range that represents a lean-operation range, whereby the operation switches from a lean-operation to a rich operation range by means of an engine control device in order to discharge the nitrogen oxide accumulator catalyst. According to the invention, the engine control device blocks a switch to the lean-operation range, if the higher fuel-consumption quantity for discharging the catalyst over a predefinable evaluation period, extending over several lean-operation phases, is identical to or greater than the lower fuel-consumption quantity, consumed by a lean operation in said monitoring period. The lower fuel-consumption quantity is determined as a function of a raw nitrogen-oxide mass flow value, averaged over the evaluation period, as a function of a fuel economy quantity, averaged over said period and achieved in the lean-operation phases that fall in said evaluation period in relation to the homogeneous operating range phases in said evaluation period and as a function of the time, averaged over the evaluation period, between two torque requests that exceed a predefinable load and/or speed threshold value and require a switch from the lean-operation range. The higher fuel-consumption quantity is determined as a function of a charged state of the accumulator catalyst, averaged over the evaluation period.

(57) Zusammenfassung: Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, mit einem ersten Betriebsbereich als Magerbetriebsbereich, wobei zum Entladen des Stickoxid Spezchekatalysators mittels einem Motorsteuergerät vom Magerbetriebsbereich auf einen fetten Betriebsbereich umgeschalten

[Fortsetzung auf der nächsten Seite]



ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG).

TR, TT, TZ, UA, UG, UZ, VN, YU, ZA, ZW, ARIPO-Patent (BW, GH, GM, KE, LS, MW, MZ, SD, SL, SZ, TZ, UG, ZM, ZW), eurasisches Patent (AM, AZ, BY, KG, KZ, MD, RU, TJ, TM), europäisches Patent (AT, BE, BG, CH, CY, CZ, DE, DK, EE, ES, FI, FR, GB, GR, HU, IE, IT, LU, MC, NL, PT, RO, SE, SI, SK, TR), OAPI-Patent (BF, BJ, CF, CG, CI, CM, GA, GN, GQ, GW, ML, MR, NE, SN, TD, TG)

**Erklärung gemäß Regel 4.17:**

- hinsichtlich der Berechtigung des Annehmers, ein Patent zu beantragen und zu erhalten (Regel 4.17 Ziffer ii) für die folgenden Bestimmungsstaaten AE, AG, AL, AM, AT, AU, AZ, BA, BB, BG, BR, BY, BZ, CA, CH, CN, CO, CR, CU, CZ, DE, DK, DM, DZ, EC, EE, ES, FI, GB, GD, GE, GH, GM, HR, HU, ID, IL, IN, IS, JP, KE, KG, KP, KR, KZ, LC, LK, LR, LS, LT, LU, LV, MA, MD, MG, MK, MN, MW, MX, MZ, NO, NZ, PL, PT, RO, RU, SD, SE, SG, SK, SL, TJ, TM,

**Veröffentlicht:**

- mit internationalem Recherchenbericht

Zur Erklärung der Zweibuchstaben-Codes und der anderen Abkürzungen wird auf die Erklärungen ("*Guidance Notes on Codes and Abbreviations*") am Anfang jeder regulären Ausgabe der PCT-Gazette verwiesen.

---

wird. Erfindungsgemäß sperrt das Motorsteuergerät ein Umschalten in den Magerbetriebsbereich, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in einem bestimmten vorgebbaren sich über mehrere Magerbetriebsphasen erstreckenden Auswertezeitraum gleich oder grösser ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Überwachungszeitraum. Die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge wird als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes, als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Kraftstofffeinsparmenge in den in den Auswertezeitraum fallenden Magerbetriebsphasen gegenüber den homogenen Betriebsbereichphasen in dem Auswertezeitraum und als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt, während die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes ermittelt wird.

## Beschreibung

5

### Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs

- 10 Die Erfindung betrifft ein Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs nach dem Oberbegriff des Anspruchs 1.

In der heutigen Fahrzeugtechnik werden Otto-Motoren als Brennkraftmaschinen mit einer Benzin-Direkteinspritzung anstatt einer konventionellen Saugrohreinspritzung bevorzugt, da derartige Brennkraftmaschinen gegenüber den herkömmlichen Otto-Motoren deutlich mehr Dynamik aufweisen, bezüglich Drehmoment und Leistung besser sind und gleichzeitig eine Verbrauchssenkung um bis zu 15 % ermöglichen. Möglich macht dies vor allem eine sogenannte Schichtladung im Teillastbereich, bei der nur im Bereich der Zündkerze ein zündfähiges Gemisch benötigt wird, während der übrige Brennraum mit Luft befüllt wird. Da herkömmliche Brennkraftmaschinen, die nach dem Saugrohrprinzip arbeiten, bei einem derartigen hohen Luftüberschuss, wie er bei der Benzin-Direkteinspritzung vorliegt, nicht mehr zündfähig sind, wird bei diesem Schichtlademodus das Kraftstoff-Gemisch um die zentral im Brennraum positionierte Zündkerze konzentriert, während sich in den Randbereichen des Brennraums reine Luft befindet. Um das Kraftstoff-Gemisch um die zentrale im Brennraum positionierte Zündkerze herum zentrieren zu können, ist eine gezielte Luftströmung im Brennraum erforderlich, eine sogenannte Tumbleströmung. Dazu wird im Brennraum eine intensive, walzenförmige Strömung ausgebildet und der Kraftstoff erst im letzten Drittel der Kolbenaufwärtsbewegung

eingespritzt. Durch die Kombination von spezieller Luftströmung und gezielter Geometrie des Kolbens, der z. B. über eine ausgeprägte Kraftstoff-Strömungsmulde verfügt, wird der besonders fein zerstäubte Kraftstoff in einem sogenannten „Gemischballen“ optimal um die Zündkerze konzentriert und sicher 5 entflammt. Für die jeweils optimale Anpassung der Einspritzparameter (Einspritzzeitpunkt, Kraftstoffdruck) sorgt die Motorsteuerung bzw. das Motorsteuergerät.

Derartige Brennkraftmaschinen können daher entsprechend lange im Mager-  
10 betrieb betrieben werden, was sich, wie dies oben bereits dargelegt worden ist, positiv auf den Kraftstoffverbrauch insgesamt auswirkt. Dieser Magerbetrieb bringt jedoch den Nachteil einer erheblich größeren Stickoxidmenge im Abgas mit sich, so dass die Stickoxide (NOx) im mageren Abgas mit einem Drei-Weg-Katalysator nicht mehr vollständig reduziert werden können. Um die Stick-  
15 oxid-Emissionen im Rahmen vorgeschriebener Grenzen, z. B. des Euro-IV-Grenzwertes zu halten, werden in Verbindung mit derartigen Brennkraftmaschinen zusätzlich Stickoxid-Speicherkatalysatoren eingesetzt. Diese Stickoxid-Speicherkatalysatoren werden so betrieben, dass darin die von der Brennkraftmaschine erzeugten großen Mengen an Stickoxiden eingespeichert  
20 werden. Mit zunehmender gespeicherter Stickoxidmenge wird ein Sättigungs- zustand im Stickoxid-Speicherkatalysator erreicht, so dass der Stickoxid-Speicherkatalysator entladen werden muss. Dazu wird für eine sogenannte Entla- dephase kurzfristig mittels der Motorsteuerung bzw. dem Motorsteuergerät auf  
25 einen unterstöchiometrischen, fetten Motorbetrieb umgeschalten, bei dem die Brennkraftmaschine mit einem fetten, einen Luftmangel aufweisenden Ge- misch betrieben wird. Zu Beginn dieser Entladephase wird regelmäßig ein Sauerstoffspeicher des Stickoxid-Speicherkatalysators entleert, wodurch der für den Ausspeichervorgang erforderliche Sauerstoff zur Verfügung gestellt wird. Bei diesem Ausspeichervorgang wird das eingespeicherte Stickoxid  
30 insbesondere durch die bei diesen fetten Betriebsbedingungen zahlreich

vorhandenen Kohlenwasserstoffe (HC) und Kohlenmonoxide (CO) zu Stickstoff (N<sub>2</sub>) reduziert, das dann in die Umgebung abgegeben werden kann.

- 5 Es ist bereits allgemein bekannt, eine Brennkraftmaschine eines Kraftfahrzeugs in einem ersten Betriebsbereich als Magerbetriebsbereich zu betreiben, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftüberschuss und damit einem Sauerstoffüberschuss aufweisenden mageren Gemisch betrieben wird und in dem die von der Brennkraftmaschine erzeugten Stickoxide in einen
- 10 Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden, wobei zum Entladen des Stickoxid-Speicherkatalysators mittels einem Motorsteuergerät vom Magerbetriebsbereich auf einen fetten Betriebsbereich umgeschalten wird, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftmangel aufweisenden fetten Gemisch betrieben wird und in dem die während des Magerbetriebsbereiches in den
- 15 Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeicherten Stickoxide aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgespeichert werden. Ferner ist ein zweiter Betriebsbereich als homogener Betriebsbereich vorgesehen, in dem die Brennkraftmaschine mit einem im Wesentlichen stöchiometrischen homogenen Gemisch (Lambda = 1) betrieben wird, wobei das Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich von dem Motorsteuergerät
- 20 in Abhängigkeit von einer betriebsbedingten Last- und/oder Drehzahlanforderung bei Erreichen einer vorgebbaren Umschaltbedingung vorgenommen wird und wobei vom Motorsteuergerät vor dem Umschalten vom Magerbetriebsbereich auf den homogenen Betriebsbereich zuerst für eine Entladung
- 25 des Stickoxid-Speicherkatalysators in den fetten Betriebsbereich geschalten wird. Konkret ist der Magerbetriebsbereich hier z. B. ein geschichteter in Verbindung mit einer dynamischen Fahrweise, wie dies z. B. im Stadtverkehr der Fall ist, wird vom Motorsteuergerät aufgrund der Magerbetriebsbereich, bei dem der Lambdawert ungefähr 1,4 beträgt. Insbesondere

betriebsbedingten erhöhten Last- und/ oder Drehzahlanforderung regelmäßig  
5 in den homogenen

Betriebsbereich umgeschalten, in dem die Brennkraftmaschine im Wesentlichen mit einem stöchiometrischen homogenen Gemisch von Lambda = 1 betrieben wird. Vom Motorsteuergerät wird dabei vor dem Umschalten in den 10 homogenen Betriebsbereich zuerst in den fetten Betriebsbereich geschalten, um eine Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators vorzunehmen. Untersuchungen haben gezeigt, dass bei dieser Betriebsweise trotz eines zeitweisen Magerbetriebs das eigentlich vorhandene theoretische Magerbetrieb-Kraftstoffeinsparpotential nicht voll ausgeschöpft wird. Ein weiteres 15 Problem hierbei ist, dass bei einer sehr dynamischen Fahrweise der Magerbetriebsbereich durch den erhöhten Momentenwunsch unter Umständen des öfteren verlassen werden muss, wodurch sich dann jedes Mal der Zwang für eine Stickoxid-Speicherkatalysatorentladung, d.h. eine Fettbetriebsphase, ergibt. Auch dies führt zu einem erhöhten Kraftstoffverbrauch.

20

Eine ähnliche Verfahrensführung ist aus der gattungsgemäßen DE 100 64 279 A1 bekannt, bei dem in Abhängigkeit von der Verschlechterung einer Abgaszusammensetzung zwischen dem Mager-, Fett- und Homogenbetrieb umgeschalten wird. Die Umschaltentscheidung wird hier in Abhängigkeit von der Verschlechterung der Speicherfähigkeit des als NO<sub>x</sub>-Absorptionsmittel bezeichneten Stickoxid-Speicherkatalysators getroffen. Insbesondere soll hier bei einer festgestellten Verschlechterung des Wirkungsgrades des Stickoxid-Speicherkatalysators der als Sauerstoffüberschuss-Luft-Kraftstoff-Verhältnis-Betrieb bezeichnete Magerbetrieb gesperrt werden.

Aus der DE 197 53 718 C1 ist ein Verfahren zum Betreiben eines Dieselmotors bekannt, die eine Motorregelung umfasst, die in Abhängigkeit von Kennfeldern den Betrieb des Dieselmotors regelt und eine Fett/Mager-Regelung des

5 Dieselmotors ermöglicht. Die Motorregelung umfasst einen Rechner, der in Abhängigkeit von vorbestimmten Umschaltkriterien ein Umschalten auf Fett- oder Magerbetrieb des Dieselmotors bewirkt. Ferner ist eine mit dem Rechner kommunizierende Sensorik, die für Umschaltkriterien notwendige Parameter überwacht, und ein mit dem Rechner kommunizierender Speicher vorgesehen,

10 in dem die Kennfelder für den Betrieb des Dieselmotors gespeichert sind. Der Rechner bewirkt ein Umschalten von Mager- auf Fettbetrieb, wenn die Einhaltung einer Regenerationstemperatur eines von den Abgasen des Dieselmotors durchströmten Speicherkatalysatorelementes und das Vorliegen eines vorbestimmten Beladungszustandes des von den Abgasen des Dieselmotors

15 durchströmten Speicherkatalysatorelementes als Umschaltkriterien erfüllt sind. Des weiteren bewirkt der Rechner ein Zurückschalten von Fett- auf Magerbetrieb, wenn eines der Umschaltkriterien für ein Umschalten von Mager- auf Fettbetrieb nicht vorliegt oder eine Regenerationszeit abgelaufen ist, die von dem jeweiligen Beladungszustand des von den Abgasen des Dieselmotors

20 durchströmten Speicherkatalysatorelementes zu Beginn der Fettbetriebsphase abhängt, oder ein vorbestimmter Reduktionsmittelgehalt in den Abgasen nach dem Speicherkatalysatorelement vorliegt oder eine Abgastemperatur unterhalb eines vorbestimmten Schwellwertes liegt.

25 Weiter sind in der Dissertation von Andreas Hertzberg (Stuttgart 2001) mit dem Titel „Betriebsstrategien für einen Ottomotor mit Direkteinspritzung und einem  $\text{NO}_x$ -Speicher-Katalysator“ in Kapitel 6, insbesondere unter Punkt 6.4.2, Versuche zum Betreiben einer Brennkraftmaschine im Magerbetrieb beschrieben und ausgewertet. Abgestellt wurde hierbei insbesondere auf den

Verbrauchsunterschied unterschiedlicher Test-Fahrzyklen in Abhängigkeit von

- 5 Drehmoment-Schwellwerten.

Aufgabe der Erfindung ist es daher, ein alternatives Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeugs, zur Verfügung zu stellen, mit dem auf einfache Weise eine hinsichtlich

- 10 des Kraftstoffverbrauchs optimierte Betriebsweise der Brennkraftmaschine, insbesondere durch optimierten Magerbetrieb, möglich wird.

Diese Aufgabe wird gelöst mit den Merkmalen des Anspruchs 1.

- 15 Gemäß Anspruch 1 sperrt das Motorsteuergerät das Umschalten in den Magerbetriebsbereich, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in einem bestimmten vorgebbaren, sich über mehrere Magerbetriebsphasen erstreckenden Auswertezeitraum gleich oder größer ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum. Weiter gibt das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen

Betriebsbereich frei, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Entladungen in dem Auswertezeitraum kleiner ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum. Dabei wird die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes, als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Kraftstoffeinsparmenge in den in den Auswertezeitraum fallenden Magerbetriebsphasen gegenüber den homogenen Betriebsbereichsphasen und als Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt. Weiter wird die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion eines über den Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes ermittelt.

Vorteilhaft kann bei einem derartigen Betrieb einer Brennkraftmaschine das Fahrverhalten des Fahrers „gelernt“ werden und somit eine Vorhersage bezüglich des wahrscheinlichen zukünftigen Fahrverhaltens gemacht werden. D.h., dass bei dieser Betriebsweise das Fahrverhalten in der Vergangenheit über einen sinnvollen Auswertezeitraum ausgewertet wird und aufgrund dieser Auswertung die Vorhersage für die Zukunft, d.h. für die voraussichtliche Magerbetriebszeit errechnet werden kann. Im Unterschied zu einer rein statischen Betrachtungsweise wird somit bei einer derartigen auf den Auswertezeitraum im Mittel bezogenen Betrachtungsweise hier ggfs. selbst dann nicht der Magerbetriebsbereich freigegeben, wenn sich dies gemäß einer rein stationären Betrachtung zu einem bestimmten Zeitpunkt ergeben würde, da durch die Betrachtung und Abstellung auf ein sinnvolles Zeitfenster hier jetzt erfindungsgemäß über die gemittelten Werte das Fahrverhalten insgesamt berücksichtigt wird und nicht ein aktueller stationärer Betriebspunkt.

Dadurch ist insgesamt eine besonders optimierte Betriebsweise, insbesondere im Hinblick auf die Kraftstoffeinsparung durch Magerbetrieb möglich.

Dadurch wird das Magerbetrieb-Kraftstoffeinsparpotential voll ausgeschöpft, da nur dann in den Magerbetriebsbereich umgeschalten wird, wenn dies aufgrund des Fahrverhaltens des Fahrers sinnvoll ist, d.h. eine Kraftstoffeinsparung mit sich bringen kann. Sobald das Motorsteuergerät erkennt, dass dies nicht der Fall ist, wird der homogene Betriebsbereich gewählt. Besonders vorteilhaft beträgt der Auswertezeitraum wenigstens in etwa 100 Sekunden.

10

Gemäß einer besonders bevorzugten Verfahrensführung nach Anspruch 2 ist vorgesehen, dass sich die durch die Fettbetriebsphasen bedingte Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum errechnet als Summe einer für die Entladung des Sauerstoffspeichers benötigten ersten Kraftstoffmenge und einer für die Entladung des Stickoxidspeichers benötigten zweiten Kraftstoffmenge. Die erste Kraftstoffmenge, d.h. die Kraftstoffmenge zum Entladen des Sauerstoffspeichers, ist dabei pro Magerbetriebsphase in etwa konstant, während die zweite Kraftstoffmenge hauptsächlich eine Funktion der Stickoxid-Rohemissionen während der Magerzeit ist, so dass die zweite Kraftstoffmenge über den Auswertezeitraum gemittelt wird, wodurch die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion des über den Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes auf einfache Weise ermittelt werden kann. Da ein Magerbetrieb mit einem Sauerstoffüberschuss gefahren wird, ist der Sauerstoffspeicher des Stickoxid-Speicherkatalysators sehr schnell vollständig beladen; so dass die Sauerstoffbeladung der Stickoxid-Speicher-katalysatoren über der Magerphase stets als in etwa konstant anzusehen ist. Die Stickoxidbeladung der Stickoxid-Speicherkatalysators ist dagegen hauptsächlich eine Funktion der Magerzeit und ggf. auch noch des Stickoxid-Rohmassenstroms. Beispielsweise ist für die Regeneration von 1 g Sauerstoff eine

Kraftstoffmenge von ca. 0,23 g nötig, während für die Regeneration von 1 g Stickstoffdioxid ca. 0,15 g Kraftstoff erforderlich sind.

- Nach Anspruch 3 ist vorgesehen, dass aus dem Quotienten einer aktuellen  
5 Stickoxid-Speicherfähigkeit des Stickoxid-Speicherkatalysators und dem  
gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes eine erste Magerzeit berechnet  
wird. Die gemittelte Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder  
Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebs-  
bereiches bedingenden Momentenanforderungen als zweite Magerzeit wird mit  
10 der ersten Magerzeit verglichen, wobei das Minimum bzw. die kleinere der bei-  
den Magerzeiten anschließend mit der gemittelten Kraftstoffeinsparmenge im  
Auswertezeitraum multipliziert wird. Dadurch lässt sich auf besonders einfache  
Weise die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum ermit-  
teln. Mit einer derartigen Verfahrensführung ist eine besonders einfache und  
15 zuverlässige Prädiktion der Fahrdynamik und damit auch eine Aussage über  
das zukünftige Fahrverhalten möglich, so dass ein optimierter Betrieb der  
Brennkraftmaschine insbesondere eine Optimierung der Magerbetriebsphasen  
möglich wird.
- 20 Besonders bevorzugt kann dabei nach Anspruch 4 die aktuelle Stickoxid-Spei-  
cherfähigkeitsmenge des Stickoxid-Speicherkatalysators als Funktion der  
Temperatur und/oder des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung  
ermittelt werden.
- 25 Konkret kann nach Anspruch 5 vorgesehen sein, dass der Stickoxid-Massen-  
strom vor dem Stickoxid-Speicherkatalysator und/oder der Stickoxid-Massen-  
strom nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator jeweils über eine gleiche Zeit-  
dauer aufintegriert werden, wobei zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von  
der Einspeicherphase auf die Entladephase und damit vom Magerbetriebsbe-  
reich auf den fetten Betriebsbereich wenigstens aus dem Integralwert des  
30

Stickoxid-Massenstroms vor- und/oder nach dem Speicherkatalysator und/oder dem Umschaltzeitpunkt jeweils beim Erfüllen einer vorgebbaren Entlade-Umschaltbedingung in einer ersten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators ein Umschalt-Betriebspunkt als Funktion einer momentanen Betriebstemperatur zum Umschaltzeitpunkt ermittelt wird. Anschließend wird der jeweilige Umschalt-Betriebspunkt in einer zweiten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators mit einem über ein Temperaturfenster verlaufenden, vorgebbaren, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs optimierten Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld, das durch eine Vielzahl von einzelnen Betriebspunkten für einen neuen und einen gealterten Speicherkatalysator gebildet ist, verglichen. Dabei stellt ein innerhalb des Speicherkatalysator-Kapazitätsfeldes liegender Umschalt-Betriebspunkt keine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit dar, sondern die Änderung gegenüber dem vorherigen Betriebspunkt als Maß für die Speicherkatalysator-Alterung. Ein das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld verlassender Umschaltbetriebspunkt stellt dagegen eine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit dar. Mit einer derartigen Verfahrensweise kann somit auf besonders einfache Weise eine aktuelle Erfassung des Wertes der Stickoxid-Speicherfähigkeit des Stickoxid-Speicherkatalysators betriebspunktabhängig unter Berücksichtigung des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung des Stickoxid-Speicherkatalysators ermittelt werden.

Besonders bevorzugt ist hierbei nach Anspruch 6 vorgesehen, dass zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase ein relativer Stickoxid-Schlupf als Differenz zwischen dem in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingeströmten Stickoxid-Massenstrom und dem aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgestromten Stickoxid-Massenstrom jeweils bezogen auf die Einspeicherzeit ermittelt wird dargestellt, dass der Quotient der Integralwerte des Stickoxid-Massenstroms vor und nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator zudem in eine Relativbeziehung mit einem vorgeb-

baren, von einem Abgasgrenzwert abgeleiteten Stickoxid-Konvertierungsgrad gebracht wird, so dass beim Vorliegen dieser vorgebbaren Umschaltbedingung das Umschalten von der Einspeicherphase auf die Entladephase zum hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Einspeicherpotential optimierten Umschaltzeit-  
5 punkt durchgeführt wird.

Nach Anspruch 7 kann weiter vorgesehen sein, dass das Speicherkatalysator-  
Kapazitätsfeld bezogen auf das Temperaturfenster einerseits durch eine  
Grenzlinie für einen neuen Speicherkatalysator und andererseits durch eine  
10 Grenzlinie für einen Grenzalterungszustand darstellenden gealterten Speicher-  
katalysator begrenzt ist. Dabei umfasst das Temperaturfenster vorzugsweise  
Temperaturwerte zwischen in etwa 200° C und in etwa 450 °C.

Die Erfindung wird anhand einer Zeichnung näher erläutert.

15

Es zeigen:

Fig. 1 ein schematisches Diagramm der Kraftstoffeinsparmenge im Mager-  
betrieb über der Zeit, und

20

Fig. 2 ein schematisches Diagramm der Verbindlichkeiten der Kraftstoff-  
mehrverbrauchsmenge über der Zeit.

In der Fig. 1 ist die Kraftstoffeinsparmenge im Magerbetriebsbereich über der  
25 Zeit dargestellt, wobei die Kurve 1 den zeitlichen Verlauf der Kraftstoffein-  
sparung während einer maximal zu realisierenden Magerzeit zeigt. Kurve 2  
stellt das Integral der Kraftstoffeinsparmenge während dieser maximal zu reali-  
sierenden Magerzeit dar. Kurve 3 dagegen stellt die gemittelte, auf die Zeit  
bezogene Kraftstoffeinsparmenge während dieser maximal zu realisierenden  
30 Magerzeit dar.

- Zur Ermittlung der Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge ist diese mittlere Kraftstoffeinsparmenge entsprechend der Kurve 3 mit der maximal zu realisierenden Magerzeit zu multiplizieren. Zur Bestimmung der maximal zu realisierenden Magerzeit kann zuerst die gemittelte Zeit zwischen zwei einen vorgebaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt werden. Diese gemittelte Zeit ist bezogen auf den Auswertezeitraum, d.h. dass verschiedene überschreitende Momentenanforderungen von ihrer Zeitspanne her verglichen werden und so der gemittelte Zeitwert zur Verfügung gestellt wird. Diese gemittelte Zeit zwischen zwei einem vorgebbaren last- und/oder drehzahlgrenzwertüberschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen stellt eine sog. zweite Magerzeit dar. Als erste Magerzeit wird der Quotient einer aktuellen Stickoxid-Speicherfähigkeit der Stickoxid-Speicherkatalysators und dem gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwert ermittelt. Die aktuelle Stickoxid-Speicherfähigkeit der Stickoxid-Speicherkatalysators wird dabei als Funktion der Temperatur und/oder des Alterungsgrades und/oder der Verschwefelung ermittelt. Der gemittelte Stickoxid-Rohmassenstromwert wird dabei für den Auswertezeitraum ebenfalls vom Motorsteuergerät ermittelt. Anschließend wird dann diese erste Magerzeit mit der zweiten Magerzeit verglichen, wobei die kleinere der beiden Magerzeiten, d.h. das Minimum dieser beiden Magerzeiten hergenommen wird, um mit der gemittelten Kraftstoffeinsparmenge im Auswertezeitraum multipliziert zu werden.
- Zur Ermittlung der Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge wird die Summe für die der Magerphase folgenden Fettphasen der für die Entladung des Sauerstoffspeichers der Stickoxid-Speicherkatalysators benötigten ersten Kraftstoffmenge und einer für die Entladung der Stickoxidspeichers der Stickoxid-Speicherkatalysators benötigten zweiten Kraftstoffmenge gebildet. Dieser Zusammenhang ist in Fig. 2 dargestellt. Aus dieser Fig. 2 ist ersichtlich, dass

die Kraftstoffmenge zur Entladung des Sauerstoffspeichers in etwa konstant ist (Kurve 5), während die zweite Kraftstoffmenge zur Entladung des Stickoxid-  
speichers (Kurve 4) eine Funktion der Magerzeit ist, da der Sauerstoffspeicher  
unmittelbar nach Beginn einer Magerbetriebsphase bereits in etwa vollständig  
5 beladen ist, während die Stickoxide träger sind und daher eine längere Zeit zur  
Anlagerung benötigen. Dies bedeutet, dass in Abhängigkeit von der jeweiligen  
Magerbetriebsphasenzeit mehr oder weniger Stickoxide während dieser Ma-  
gerphase in den Stickoxidspeicher eingespeichert werden können. Kurve 6 ist  
10 die Summe der Kraftstoffmengen der Kurven 4 und 5. Wird auch hier wieder  
über die Zeit, d.h. über einen Auswertezeitraum gemittelt, dann ergibt sich eine  
zeitbezogene Stickoxid-Speicherkatalysatorbeladung mit Stickoxiden, so dass  
bei einer gleichzeitigen Berücksichtigung der Magerzeit nach der folgenden  
Formel die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge berechnet werden kann:

15 Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge (g) = Sauerstoffspeichermenge (g) x erste  
prozentuale Kraftstoffmenge + auf die Zeit bezogene gemittelte NOx-  
Speichermenge (g/s) x Magerzeit (s) x zweite prozentuale Kraftstoffmenge

Die hier vorgesehene Magerzeit ergibt sich aus der Summe der einzelnen  
20 Magerbetriebszeiten im Auswertezeitraum.

Ein auf den Auswertezeitraum bezogener Vergleich der Kraftstoff-Minder-  
verbrauchsmenge mit der Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge, d.h. ein Vergleich  
der Kurve 2 in Fig. 1 und der Kurve 6 in Fig. 2 ermöglicht somit eine Betriebs-  
weise dergestalt, dass das Motorsteuergerät ein Umschalten in den Mager-  
betriebsbereich sperrt, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Ent-  
ladungen in dem betrachteten Auswertezeitraum, der vorzugsweise in etwa  
25 100 Sekunden beträgt, gleich oder größer ist als die Kraftstoff-Minder-  
verbrauchsmenge durch den Magerbetrieb in diesen Auswertezeitraum. Ist  
dagegen die Kraftstoffmehrverbrauchsmenge für die Entladungen kleiner als  
30

die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum, so gibt das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich frei.

## PATENTANSPRÜCHE

- 5    1. Verfahren zum Betreiben einer Brennkraftmaschine eines Fahrzeugs, insbesondere eines Kraftfahrzeuges, mit einem ersten Betriebsbereich als Magerbetriebsbereich, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftüberschuss und damit einen Sauerstoffüberschuss aufweisenden mageren Gemisch betrieben wird und in dem die von der Brennkraftmaschine erzeugten Stickoxide in einen Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeichert werden, wobei zum Entladen des Stickoxid-Speicherkatalysators mittels einem Motorsteuergerät vom Magerbetriebsbereich auf einen fetten Betriebsbereich umgeschalten wird, in dem die Brennkraftmaschine mit einem einen Luftmangel aufweisenden fetten Gemisch betrieben wird und in dem die während des Magerbetriebsbereiches in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingespeicherten Stickoxide aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgespeichert werden, und mit einem zweiten Betriebsbereich als homogenen Betriebsbereich, in dem die Brennkraftmaschine mit einem im Wesentlichen stöchiometrischen homogenen Gemisch ( $\text{Lambda} = 1$ ) betrieben wird, wobei das Umschalten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebsbereich von dem Motorsteuergerät in Abhängigkeit von einer betriebsbedingten Last- und/oder Drehzahlanforderung bei Erreichen einer vorgebbaren Umschaltbedingung vorgenommen wird und wobei vom Motorsteuergerät vor dem Umschalten vom Magerbetriebsbereich auf den homogenen Betriebsbereich zuerst für eine Entladung des Stickoxid-Speicherkatalysators in den fetten Betriebsbereich geschalten wird und wobei das Motorsteuergerät das Umschalten in den
- 10
- 15
- 20
- 25

Magerbetriebsbereich in Abhängigkeit von einem vorgebbaren  
Sperrkriterium sperrt,

dadurch gekennzeichnet,

5

dass das Motorsteuergerät das Umschalten in den  
Magerbetriebsbereich sperrt, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge  
für die Entladungen in einem bestimmten vorgebbaren, sich über  
mehrere Magerbetriebsphasen erstreckenden Auswertezeitraum gleich  
oder größer ist als die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge durch  
10 Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum,

10

dass das Motorsteuergerät einen Magerbetrieb und damit ein Umschal-  
ten zwischen dem Magerbetriebsbereich und dem homogenen Betriebs-  
bereich freigibt, falls die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge für die Ent-  
ladungen in dem Auswertezeitraum kleiner ist als die Kraftstoff-Minder-  
verbrauchsmenge durch Magerbetrieb in diesem Auswertezeitraum,  
15

15

dass die Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge als Funktion eines über den  
Auswertezeitraum gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwertes, als  
Funktion einer über den Auswertezeitraum gemittelten Kraftstoffein-  
sparmenge in den in den Auswertezeitraum fallenden Magerbetriebs-  
phasen gegenüber den homogenen Betriebsbereichsphasen in diesem  
Auswertezeitraum und als Funktion einer über den Auswertezeitraum  
20 gemittelten Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Dreh-  
zahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magerbetriebs-  
bereiches bedingenden Momentenanforderungen ermittelt wird, und  
25

dass die Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge als Funktion eines über den

Auswertezeitraum gemittelten Speicherkatalysator-Beladungszustandes ermittelt wird.

2. Verfahren nach Anspruch 1, dadurch gekennzeichnet,

dass sich die durch die Fettbetriebsphasen bedingte Kraftstoff-Mehrverbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum errechnet als Summe einer für die Entladung des Sauerstoffspeichers benötigten ersten Kraftstoffmenge und einer für die Entladung des Stickoxidspeichers benötigten zweiten Kraftstoffmenge,

5  
10  
dass die erste Kraftstoffmenge pro Magerbetriebsphase in etwa konstant ist, und

dass die zweite Kraftstoffmenge wenigstens eine Funktion der Stickoxid-Rohemission während der Magerzeit ist dergestalt, dass die zweite Kraftstoffmenge über den Auswertezeitraum gemittelt wird.

15  
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder Anspruch 2, dadurch gekennzeichnet,

dass aus dem Quotienten einer aktuellen Stickoxid-Speicherfähigkeitsmenge des Stickoxid-Speicherkatalysators und dem gemittelten Stickoxid-Rohmassenstromwert eine erste Magerzeit berechnet wird,

20  
25  
30  
dass die gemittelte Zeit zwischen zwei einen vorgebbaren Last- und/oder Drehzahlgrenzwert überschreitenden und ein Verlassen des Magertriebsbereiches bedingenden Momentenanforderungen als zweite Magerzeit mit der ersten Magerzeit verglichen wird dergestalt, dass die kleinere der beiden Magerzeiten anschließend mit der über den Auswertezeitraum gemittelten Kraftstoffeinsparmenge multipliziert wird zur Ermittlung der Kraftstoff-Minderverbrauchsmenge in dem Auswertezeitraum.

4. Verfahren nach Anspruch 3, dadurch gekennzeichnet, dass die aktuelle Stickoxid-Speicherfähigkeitsmenge des Stickoxid-Speicherkatalysators als Funktion der Temperatur und/oder des Alterungsgrades und/oder der Verschweifelung ermittelt wird.

5

5. Verfahren nach Anspruch 3 oder Anspruch 4, dadurch gekennzeichnet, dass der aktuell erfasste Wert über die Stickoxid-Speicherfähigkeit des Stickoxid-Speicherkatalysators betriebspunktabhängig unter Berücksichtigung des Alterungsgrades und/oder der Verschweifelung des Stickoxid-Speicherkatalysators ermittelt wird dergestalt,

10

dass der Stickoxid-Massenstrom vor dem Stickoxid-Speicherkatalysator und/oder der Stickoxid-Massenstrom nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator jeweils über eine gleiche Zeitdauer aufintegriert werden,

15

dass zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase und damit vom Magerbetriebsbereich auf den fetten Betriebsbereich wenigstens aus dem Integralwert des Stickoxid-Massenstroms vor und/oder nach dem Speicherkatalysator und/oder dem Umschaltzeitpunkt jeweils beim Erfüllen einer vorgebbaren Entlade-Umschaltbedingung in einer ersten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators ein Umschalt-Betriebspunkt als Funktion einer momentanen Betriebstemperatur zum Umschaltzeitpunkt ermittelt wird, und

20

25

dass der jeweilige Umschalt-Betriebspunkt in einer zweiten Stufe zur Ermittlung des Alterungsgrades des Speicherkatalysators mit einem über ein Temperaturfenster verlaufenden, vorgebbaren, insbesondere hinsichtlich des Kraftstoffverbrauchs optimierten Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld, das durch eine Vielzahl von einzelnen Betriebspunkten für

30

einen neuen und einen gealterten Speicherkatalysator gebildet ist, verglichen wird dergestalt,

5 dass ein innerhalb des Speicherkatalysator-Kapazitätsfeldes liegender Umschalt-Betriebspunkt keine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit darstellt, sondern die Änderung gegenüber dem vorherigen Betriebspunkt als Maß für die Speicherkatalysator-Alterung darstellt, und

10 dass ein das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld verlassender Umschalt-Betriebspunkt eine Unterschreitung der minimalen Stickoxid-Speicherfähigkeit darstellt.

- 15 6. Verfahren nach Anspruch 5, dadurch gekennzeichnet, dass zur Festlegung des Umschaltzeitpunktes von der Einspeicherphase auf die Entladephase ein relativer Stickoxid-Schlupf als Differenz zwischen dem in den Stickoxid-Speicherkatalysator eingeströmten Stickoxid-Massenstrom und dem aus dem Stickoxid-Speicherkatalysator ausgestromten Stickoxid-Massenstrom jeweils bezogen auf die Einspeicherzeit ermittelt wird  
20 dergestalt, dass der Quotient der Integralwerte des Stickoxid-Massenstroms vor und nach dem Stickoxid-Speicherkatalysator zudem in eine Relativbeziehung mit einem vorgebbaren, von einem Abgasgrenzwert abgeleiteten Stickoxid-Konvertierungsgrad gebracht wird, so dass beim Vorliegen dieser vorgegebenen Umschaltbedingung das Umschalten von der Einspeicherphase auf die Entladephase zum hinsichtlich Kraftstoffverbrauch und Einspeicherpotential optimierten Umschaltzeitpunkt durchgeführt wird.

- 25 7. Verfahren nach Anspruch 5 oder 6, dadurch gekennzeichnet, dass das Speicherkatalysator-Kapazitätsfeld bezogen auf das Temperaturfenster

einerseits durch eine Grenzlinie für einen neuen Speicherkatalysator und andererseits durch eine Grenzlinie für einen einen Grenzalterungszustand darstellenden gealterten Speicherkatalysator begrenzt ist, wobei das Temperaturfenster vorzugsweise Temperaturwerte zwischen in etwa 5 200°C und in etwa 450°C umfasst.

1 / 1

